

## חשיבות מדידת לולאת תקלה

במתקן או במעגל תקול כאשר מוליך חי מתחבר לארקה בטעות, התוצאה של זרם הקצר לאדמה תהייה גבוה די ליצר קצר או התחממות שתוביל לשריפה. במצב נורמאלי, הפיזז יישרף או מעגל הגנה אחר יפעל, אך יכול להיגרם אסון בחיי אדם ורכוש במידה וציוד הגנה הגיב מאוחר מדי או שהוא לא באיכות גבוהה. עקב כך חשוב מאוד לדעת שבכל מצב של זרם קצר העכבה בנתיב הלולאה תהיה נמוכה מספיק (שאיפה ל 0), בכדי שזרם הקצר יזרום בו במקרה של תקלה ציוד ההגנה יגיב בגבולות זמן בטחון.

מדידת לולאת העכבה מתבצעת בהספקת מתח חי למתקן, לכן חשוב לבצע את הבדיקה בזירות רבה על-מנת למנוע גרימת התחשמלות לאנשים העובדים במתקן הנבדק.

אמת פעולת הגנות ע"י ניתוק הספקה אוטומטית

בתקן IEC 60364 בדיקת לולאת התקלה נמצאת תחת קטגוריה של "Verifying protection by automatic supply disconnection".

קטגוריה זו מכסה את יעילות מדידת הגנה תוצאת המדידה משתנה בהתאם לסוג מערכת ההגנה הקיימת. לדוגמה במערכת TT נדרשת מדידת התנגדות האלקטרודה על מנת לדעת את חלקי המוליך, כאשר במערכת IT מתבצע חישוב או מדידה של זרם הקצר הראשוני. אפליקציה זו לא נראת זהה במערכת TN שדורשת מדידת עכבת לולאת התקלה ואימות כל המרכיבים במערכת ההגנה.

בדיקת עכבת לולאת התקלה צריכה להתבצע בכל מעגל ומעגל מנקודת חיבור הצרכן חזרה לכיוון לוח החשמל. בדיקה נפרדת צריכה להתבצע מנקודת הלוח הראשי כלפי מוליך הארקה. ערך זה יהיה בסיס לבדיקה הכללית של כל המעגלים הסופים.

כאשר ידוע ערך עכבת הלולאה, ניתן לחשב את הערך של זרם קצר חזוי (PFC/IK) בכל נקודה במתקן ולוודא שכל מערכות ההגנה מותאמות לערך זרם קצר פוטנציאלי קיים.

## מדידת עכבת לולאת תקלה

היות וערך עכבת AC שונה מהתנגדות DC, במיוחד במערכות של זרמי קצר מעל 100A, חייבת להתבצע המדידה באותו תדר בסיסי של מקור ההזנה.

בדיקת עכבת לולאת התקלה בודקת את התנגדות נתיב זרם הקצר בין פאזה למוליך הארקה, התנגדות זו חייבת להיות נמוכה מספיק שדרכה יזרום הזרם שיגרום לתגובה מהירה של הפיזז או ממסר ההגנה,

### תוצאות שגויות וביצוע תיקונים

זכור, לקיחת ערך תוצאה בלבד אינו מספיק, ידע והיכרות עם גורמים היכולים להוות הפרעה במדידה חשובים מאוד בשמירת מערכת הגנות תקינה.

ידיעת גבולות ערכי עכבת לולאה חשובה מאוד במיוחד כאשר מתקבלת תוצאה לא הגיונית. יש לחקור ולמצוא את הגורם שמפריעה בקבלת ערך מדידה נכון, לפני הסקת מסקנות.

הבדל בין תחום מדידה /range לבין רזולוציה /resolution display.

להבדיל בין תחום מדידה לבין רזולוציית מסך, תחום המדידה range מגדיר את תחום יכולת המכשיר למדוד. רזולוציה resolution מגדירה יכולת הצגת המדידה.

לכן חשוב מאוד במדידת לולאת התקלה לבחור מכשיר עם תחום מדידת התנגדות המתחיל מתחום 0Ω או שואף לכך. מצורפת טבלת התנגדות לולאה ביחס לזרם וניתן לראות בבירור את חשיבות תחום מדידת המכשיר.

טבלת תחומי התנגדות עכבת הלולאה ביחס לגודל מפסק.

Max. allowed Fault loop impedances for circuits using automatic fuses type B, C and K in installations with nominal mains voltage  $U_{LN} = 220\text{ V}$  are presented in the table below.

Nominal current of over-current protection device (A)	Type of automatic fuse B		Type of automatic fuse C		Type of automatic fuse K	
	$I_a=5 \cdot I_n$ (A)	$Z_s (\Omega)$ (0,2s)	$I_a=10 \cdot I_n$ (A)	$Z_s (\Omega)$ (0,2s)	$I_a=15 \cdot I_n$ (A)	$Z_s (\Omega)$ (0,2s)
2	10	22	20	11	30	7,3
4	20	11	40	5,5	60	3,7
6	30	7,3	60	3,65	90	2,4
10	50	4,4	100	2,2	150	1,5
16	80	2,8	160	1,4	240	0,9
20	100	2,2	200	1,1	300	0,7
25	125	1,8	250	0,9	375	0,6
32	160	1,4	320	0,7	480	0,5
35	175	1,3	350	0,65	525	0,4
40	200	1,1	400	0,55	600	0,37
50	250	0,9	500	0,45	750	0,29
63	315	0,7	630	0,35	945	0,23

Table 8. Max. allowed Fault loop impedances for circuits using automatic fuses type B, C and K

**סוגים שונים של מסלולי עכבת הלולאה:**

Fault loop impedance in TN- system consists of the following partial impedances:

- Impedance of power transformer's secondary
- Phase conductor resistance from the power transformer to the fault location
- Protection conductor resistance from the fault location back to the power transformer



Fig. 55. Presentation of Fault loop in TN- system

Fault loop impedance in TT- system consists of the following partial impedances

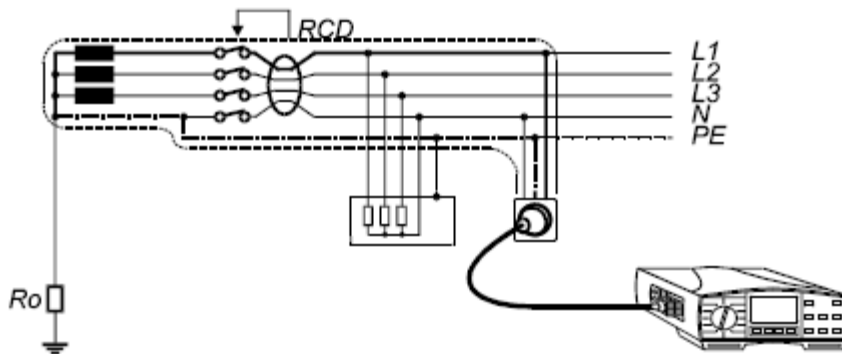
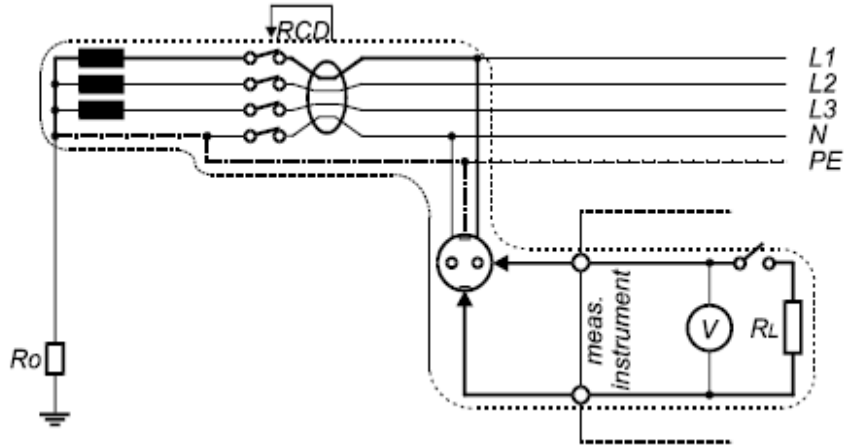
- Impedance of power transformer's secondary
- Phase conductor resistance from power transformer to fault location
- Protection conductor resistance from fault location to earthing electrode
- Earth Resistance  $R_e$
- Ground resistance from earthing electrode  $R_e$  to power transformer
- Resistance of power transformer's earthing system  $R_o$



Fig. 56. Presentation of Fault loop in TT- system

מדידת עכבת הלולאה:

שני הסרטוטים יתארו את אופן חיבור מכשיר המדידה.



$$\text{Result} = Z_{sec} + R_{L1} + R_{PE} = Z_s$$

כאשר:

$Z_{sec}$  – עכבת סליל המשני בשנאי.

$R_{L1}$  – עכבת המוליך משנאי הספק לנקודת הבדיקה.

$R_{PE}$  – התנגדות מוליך ההגנה משנאי הספק לנקודת הבדיקה

מכשיר המדידה מחובר בין כניסת הפאזה הראשית לבין עומס התנגדוטי גבוה מספיק בכדי להעמיס את הפאזה לזמן קצר, זרם הבדיקה זורם לאורך הלולאה ( מסומן בקו לא רציף בתמונה למעלה). נפילת המתח כתוצאה מזרימת הזרם נמדדת בעזרת מודד מתח, הפרשי הזווית בין בדיקת הזרם למתח נמדדת גם כן. על בסיס מדידות אלו יחושב עכבת לולאת התקלה ZLOOP.

עד היום מכשירי מדידה מציגים את הדמית עכבת הלולאה בעזרת קצר הזרם החזוי המחושב כך:

$$I_{psc} = U_n \times 1,06 / Z_{LOOP}$$

כאשר:

$I_{PSC}$  – זרם קצר החזוי.

$U_n$  – מתח נומינלי בין פאזה ראשית למוליך ההגנה N (220v or 230v).

$Z_{LOOP}$  – עכבת לולאת התקלה.